

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3518001 C2

⑤1 Int. Cl. 4:
G01 B 7/16

②1 Aktenzeichen: P 35 18 001.3-52
②2 Anmeldetag: 18. 5. 85
④3 Offenlegungstag: 20. 11. 86
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 4. 87

DE 3518001 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 8000 München, DE

⑦4 Vertreter:
Rackette, K., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., PAT.-ANW., 7800
Freiburg

⑦2 Erfinder:
Neske, Eugen, Dipl.-Phys. Dr.; Dumbs, Alfred,
Dr.-Ing. Dr.; Landsberg, Bernhard, Dipl.-Ing. (FH);
Bergmann, Eckhard, Dipl.-Ing. (FH), 7800 Freiburg,
DE; Kulmus, Karl, 7801 March, DE

(56) Im Prüfungsverfahren entgegengehalten
Druckschriften:

DE-OS 32 32 770
CEGB Technical Disclosure Bulletin,
No. 227, April 1974, S. 1-6;



⑤4 Vorrichtung zum Erfassen der Biegung, der Dehnung und/oder der Torsion eines Prüflings

DE 3518001 C2

BEST AVAILABLE COPY

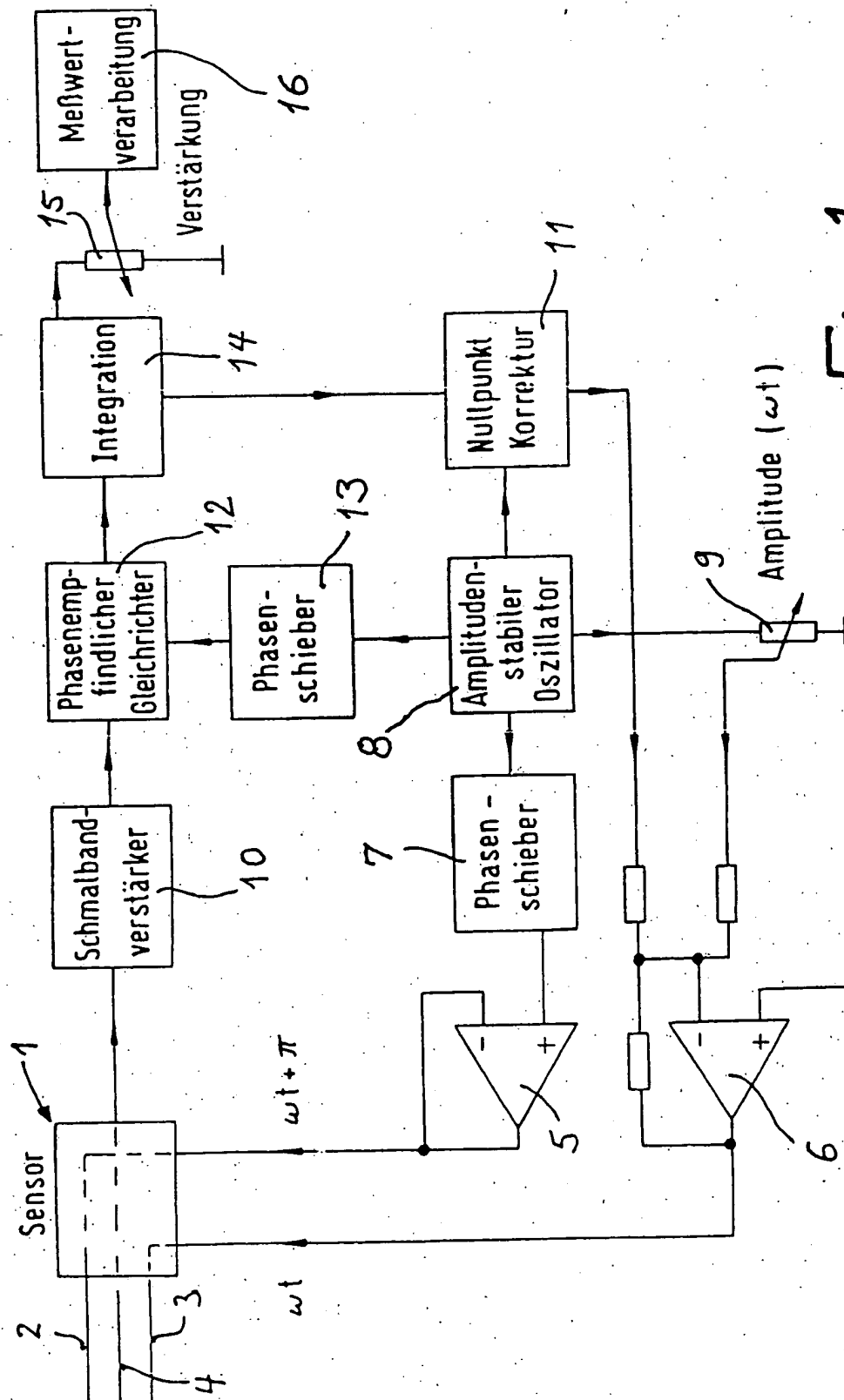


Fig. 1

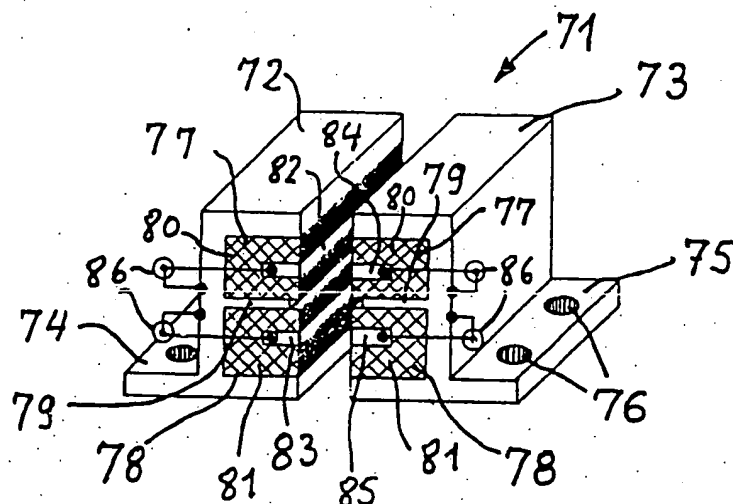


Fig. 5

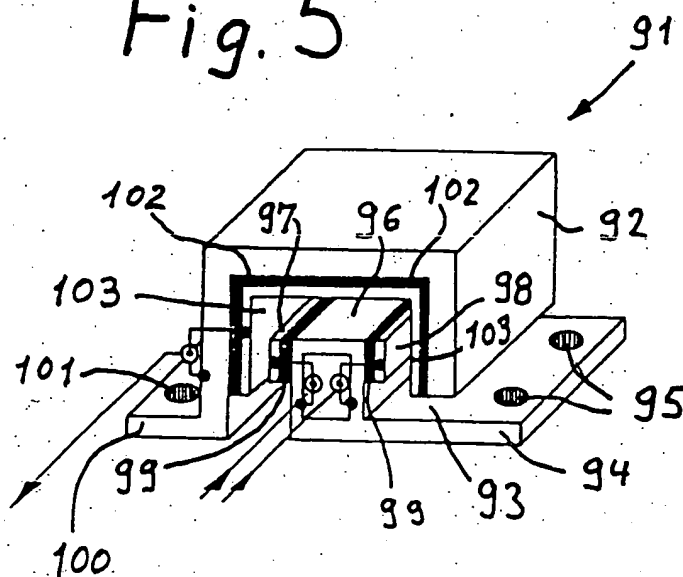


Fig. 6

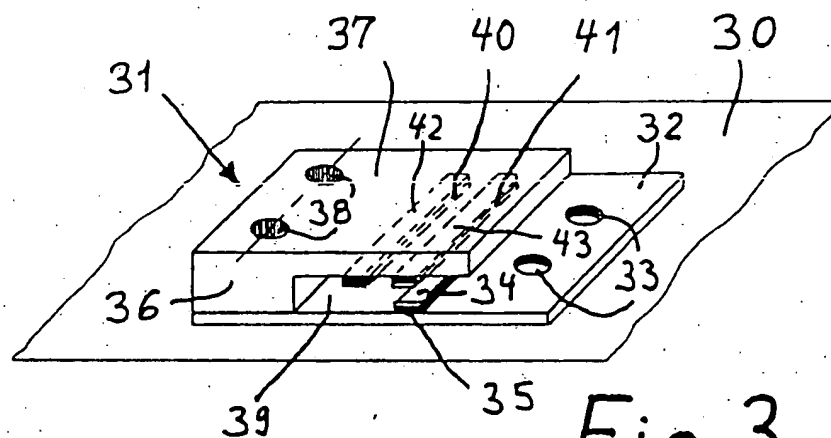


Fig. 3

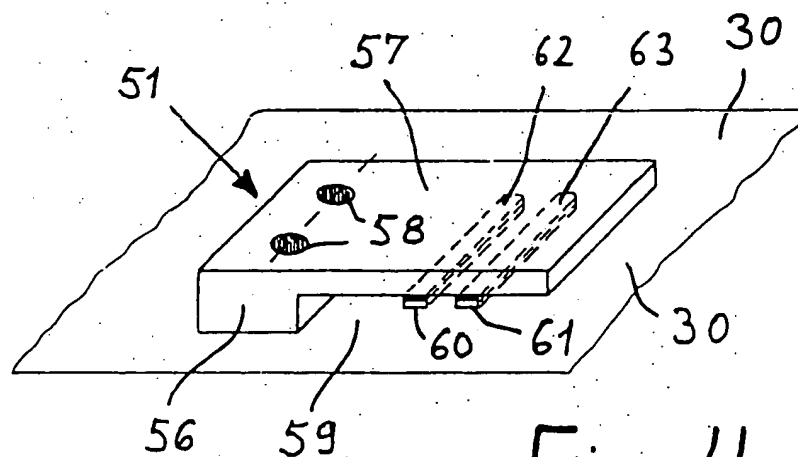


Fig. 4

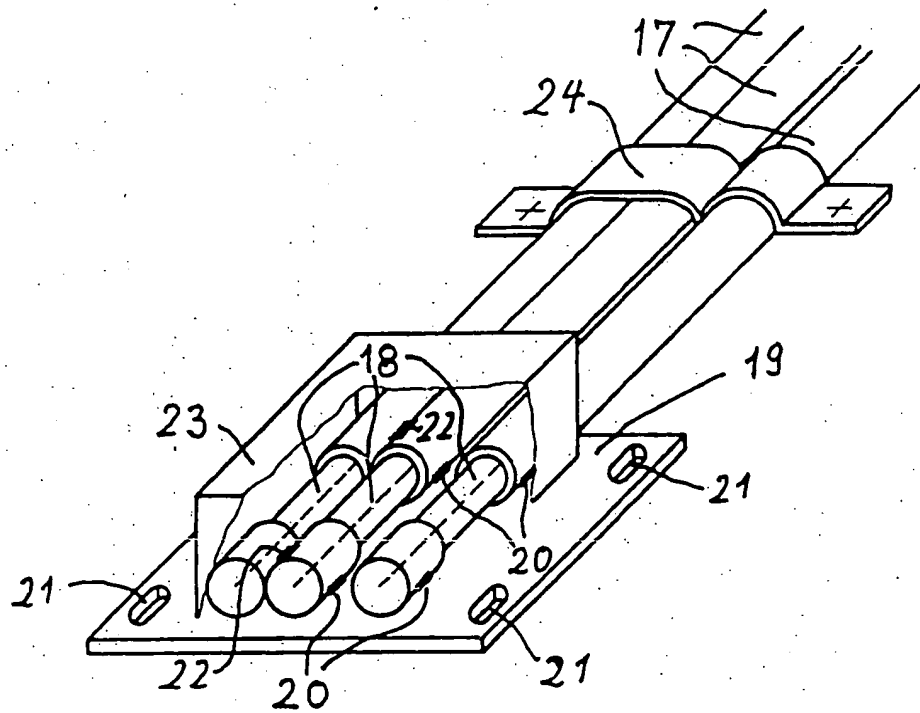


Fig. 2

Schweißung zur Befestigung des Verformungssensors angewandt wird.

Auf der Metallfolie 32 ist eine streifenförmige erste Elektrode 34 vorgesehen, wobei ein streifenförmiger Isolator 35 eine galvanische Trennung zwischen der ersten Elektrode 34 und der Metallfolie 32 sicherstellt.

In einem die Empfindlichkeit des Verformungssensors 31 mitbestimmenden Abstand ist auf der Metallfolie 32 ein Sockelteil 36 befestigt, das in seinem oberen Bereich in ein über die Metallfolie 32 hinausragendes Konsolenteil 37 übergeht. Entsprechend den Löchern 33 sind Befestigungslöcher 38 vorgesehen.

Zwischen der Unterseite des Konsolenteils 37 und der Oberseite der Metallfolie 32 wird auf diese Weise ein Spalt 39 gebildet, dessen Spalthöhe sich bei einer Verformung des Verformungssensors 31 ändert. Zur Erfassung dieser Spalthöhe sind der ersten streifenförmigen Elektrode 34 eine zweite streifenförmige Elektrode 40 und eine streifenförmige Empfangselektrode 41 zugeordnet. Die Elektrode 40 und die Empfangselektrode 41 sind galvanisch voneinander und der ersten Elektrode 34 getrennt, was durch streifenförmige Isolatoren 42 und 43 bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel erreicht wird. Wenn das Konsolenteil 37 aus einem Isolator besteht, können die streifenförmigen Isolatoren 42, 43 entfallen.

Die Elektroden 34 und 40 sowie die Empfangselektrode 41 sind über in Fig. 3 nicht dargestellte Koaxialkabelverbindungen mit der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 1 verbunden. Bei einer Dehnung, bei einer Torsion oder einer Verbiegung ändern sich die Abstandsverhältnisse der Elektroden 34, 40 und der Empfangselektrode 41 im Spalt 39, was mit Hilfe der in Fig. 1 dargestellten Anordnung auswertbar und meßbar ist.

Wenn die Prüflingsoberfläche 30 leitend ist, kann diese die Funktion der ersten Elektrode 34 übernehmen und so den Aufbau eines nur eine geringe Höhe in Anspruch nehmenden Verformungssensors 31 gestatten. Wie bei dem Verformungssensor 31 gemäß Fig. 3, ist ein Sockelteil 56 mit Befestigungslöchern 58 vorgesehen, um ein Konsolenteil 57 in einem Abstand von der Prüflingsoberfläche 30 zu halten. Bei dem Verformungssensor 51 gemäß Fig. 4 ist ein Spalt 59 zwischen dem Konsolenteil 57 und der Oberfläche 30 ausgebildet, die eine großflächige erste Sendelektrode darstellt. Die zweite Sendelektrode ist als streifenförmige Elektrode 60 ausgebildet, wobei ein streifenförmiger Isolator 62 dafür sorgt, daß zwischen der Elektrode 60 und dem Konsolenteil 57 keine elektrische Verbindung besteht.

Auf einem streifenförmigen Isolator 63 ist auf der zum Spalt 59 weisenden Seite des Konsolenteils 57 eine streifenförmige Empfangselektrode 61 angeordnet. Die Funktionsweise des Verformungssensors 51 entspricht im wesentlichen der Funktionsweise des Verformungssensors 31 gemäß Fig. 3, wobei die Prüflingsoberfläche 30 jedoch als großflächige Sendelektrode wirkt.

Fig. 5 zeigt einen Verformungssensor 71 mit einem linken metallischen Gehäuseteil 72 und einem rechten metallischen Gehäuseteil 73. Die Gehäuseteile 72, 73 weisen an ihren Füßen flanschartige Befestigungsstreifen 74, 75 mit Befestigungslöchern 76 auf. In den Gehäuseteilen 72, 73 sind jeweils eine obere und eine untere Kammer 77, 78 ausgebildet, die durch einen Abschirmsteg 79 voneinander getrennt sind. In den oberen Kammern 77 und den unteren Kammern 78 sind jeweils Isolatorkörper 80, 81 mit schlitzförmigen Ausnehmungen eingesetzt, in denen eine linke obere Elektrode 82, eine linke untere Elektrode 83, eine rechte obere Elektrode

84 und eine rechte untere Elektrode 85 eingesetzt sind. Die Elektroden sind jeweils über in der Zeichnung schematisch dargestellten Leitungen mit Koaxialanschlüssen 86 verbunden.

Wie man in Fig. 5 erkennt, haben die Elektroden streifenförmige Stirnflächen, mit denen sie aufeinander zuweisen. Der Abstand zwischen diesen Stirnflächen beträgt je nach dem Abstand der Gehäuseteile 72, 73 0,01 bis 1 mm. Die Stirnflächen der Elektroden 82 bis 85 sind beispielsweise etwa 1 mm hoch und 10 mm breit. Bei einer Verformung des Prüflings, auf dem die Gehäuseteile 72, 73 befestigt sind, ändert sich die Form und die Größe des Spaltes zwischen den Gehäuseteilen 72, 73 und damit die Geometrie der den Elektroden 82 bis 85 zugeordneten Felder.

Wenn der Verformungssensor 71 zur Erfassung von reinen Biegungen eingesetzt wird, werden beispielsweise die Elektroden 82 und 83 als Empfangselektroden geschaltet, während die Elektroden 84, 85 im gegenüberliegenden Gehäuseteil 73 als Sendelektroden geschaltet sind. Für reine Dehnungen ist diese Anordnung unempfindlich. Wenn sowohl Dehnungen als auch Biegungen erfaßt werden sollen, wird die Elektrode 83 an Masse gelegt.

Auch bei dem Verformungssensor 91 gemäß Fig. 6 sind zwei Gehäuseteile vorgesehen, nämlich ein äußeres U-förmiges Gehäuseteil 92 und ein inneres im Querschnitt L-förmiges Gehäuseteil 93. Das L-förmige Gehäuseteil besteht aus einer Grundplatte 94 mit zwei Befestigungslöchern 95 in der Nähe des rechten Randes und mit einem von der in Fig. 6 nicht dargestellten Prüflingsoberfläche abstehenden Vorsprung 96 am linken Rand. Der vertikale Vorsprung 96 ist Träger zweier Elektroden 97, 98, die durch Isolationschichten 99 vom Vorsprung 96 galvanisch getrennt sind.

Das U-förmige Gehäuseteil 92 verfügt über einen Befestigungsflansch 100 mit Befestigungslöchern 101. Bei der Montage auf der Oberfläche des Prüflings wird das Gehäuseteil 92 in der in Fig. 6 dargestellten Weise so angeordnet, daß es den vertikalen Vorsprung 96 klammerartig übergreift. Auf der Innenseite des U-förmigen Gehäuseteils 92 ist eine Isolatorschicht 102 vorgesehen, auf der sich eine leitende innere Auskleidung befindet, die die Empfangselektrode 103 des Verformungssensors 91 bildet. Die die Elektroden 97, 98 umhüllende Empfangselektrode 103 hat beispielsweise einen seitlichen Abstand von 0,5 mm von der Stirnfläche der Elektroden 97, 98. Bei einer Verformung der Prüflingsoberfläche, auf der der Verformungssensor 91 befestigt ist, ändert sich die Form des U-förmigen Spaltes zwischen der Empfangselektrode 103 und dem mit den Elektroden 97, 98 versehenen Vorsprung 96.

Das U-förmige Gehäuseteil 92 besteht aus Metall und ist geerdet. Bei 0,5 mm Grundabstand zwischen der Empfangselektrode 103 und den Elektroden 97, 98 ergibt sich eine Auflösung von 10 nm beim Einsatz des Verformungssensors 91 als Dehnungsmesser. Wenn der Verformungssensor 91 als Biegunsmesser eingesetzt wird, ist die Auflösung besser als eine Gradsekunde. Der Verformungssensor 91 gemäß Fig. 6 zeichnet sich durch eine hohe Empfindlichkeit sowie eine Quasilinearität auf Dehnungen und Biegungen aus.

aufschlagten Sendelektroden erzeugen ein auf die Empfangselektrode einwirkendes elektrisches Wechselfeld, das beim Auftreten von Verformungen entsprechend diesen Verformungen gestört wird. Im ungestörten Zustand liegt die Empfangselektrode zweckmäßigerweise auf Nullpotential. In diesem Fall genügen bereits geringe Änderungen der Abstände zwischen den Elektroden, um das Nullpotential auf der Empfangselektrode verschwinden zu lassen, so daß ein Meßstrom auftritt. Es sind eine Reihe von Elektroden-Konfigurationen realisierbar, bei denen stets die Abstandsverhältnisse zwischen Sendelektroden und Empfangselektrode aufgrund einer Bewegung des zu vermessenden Materials verändert werden. Hierbei sind die Elektroden entweder direkt oder über eine Halterung mit dem Prüfling an zwei Auflagestellen fest verbunden.

Zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Ansteuer- und Auswerteschaltung für Verformungssensoren,

Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Verformungssensors mit drei Koaxialleitern,

Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Verformungssensors mit einem spaltförmigen Feldraum,

Fig. 4 ein im wesentlichen der Fig. 3 entsprechendes Ausführungsbeispiel, bei dem eine Sendelektrode durch die leitende Oberfläche des Prüflings ersetzt worden ist,

Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Verformungssensors mit vier Elektroden, die je nach der Anschaltung unterschiedliche Verformungen zu diskriminieren gestatten und

Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Verformungssensors mit einer hohen Empfindlichkeit und hohen Linearität.

Die in Fig. 1 als Blockschaltbild dargestellte Schaltung dient zur Erfassung und Auswertung der in einem Verformungssensor 1 auftretenden Verformungen infolge der Biegung, der Dehnung oder der Torsion eines mit dem Verformungssensor 1 fest verbundenen Prüflings. Der Aufbau des Verformungssensors 1 ist weiter unten anhand der Ausführungsbeispiele gemäß den Fig. 2 bis 6 beschrieben.

Jeder der insgesamt mit dem Bezugszeichen 1 versehenen Verformungssensoren verfügt über zwei als Sendelektroden ausgebildete Elektroden 2, 3 und wenigstens eine Empfangselektrode 4. Die Elektroden 2, 3 des Verformungssensors 1 werden über einen ersten Ansteuerverstärker 5 und einen zweiten Ansteuerverstärker 6 mit gegenphasigen Wechselspannungen beaufschlagt, deren Frequenz z. B. im Bereich zwischen 10 kHz und 50 kHz liegt. Der erste Ansteuerverstärker 5 ist über einen Phasenschieber 7 mit einem der Ausgänge eines amplitudenstabilen Oszillators 8 verbunden. Ein weiterer Ausgang des Oszillators 8 speist den Eingang des zweiten Ansteuerverstärkers 6 über eine Potentiometerschaltung 9, die es gestattet, die Spannungen auf den Elektroden 2, 3 so zu verändern, daß im abgeglichenen Zustand an der Empfangselektrode 4 das Potential Null herrscht bzw. der von der Elektrode 4 in den Eingang eines als Schmalbandverstärker ausgebildeten Meßverstärkers 18 eingespeiste Meßstrom Null ist. Um diesen Abgleich zu Beginn einer Messung oder im Verlauf einer Messung zur Verschiebung des Nullpunktes durchführen zu können, ist eine Nullpunktkorrektur-

schaltung 11 vorgesehen, durch die dem Eingang des zweiten Ansteuerverstärkers 6 zusätzlich zu der aus der Potentiometerschaltung 9 abgeleiteten Spannung eine weitere Spannung additiv hinzugefügt wird.

Der Ausgang des Schmalbandverstärkers, der auf die Frequenz des Oszillators 8 abgestimmt ist, liefert eine Spannung, deren Amplitude und Phase von der Geometrieänderung des Verformungssensors 1 nach dem Nullpunkt abgleich abhängt. Änderungen der Abstände zwischen den Elektroden 2, 3 und der Empfangselektrode 4 werden mit Hilfe eines phasenempfindlichen Gleichrichters 12 erfaßt, dessen Gleichrichtereingang mit dem Ausgang des Schmalbandverstärkers und dessen Takteingang über einen Phasenschieber 13 mit dem Oszillator 8 verbunden ist. Das Ausgangssignal des phasenempfindlichen Gleichrichters 12 speist eine Integrationsschaltung 14, deren Ausgangssignal über eine die Verstärkung beeinflussende Potentiometerschaltung 15 zu einer Einrichtung zur Meßwertverarbeitung 16 gelangt. Ändert sich im Laufe der Messung das Verhältnis der Abstände der Empfangselektrode 4 zu den Elektroden 2 und 3, so verändert sich die der Einrichtung zur Meßwertverarbeitung 16 zugeführte Spannung entsprechend.

Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel bestehen sowohl die beiden Elektroden 2, 3 als auch die Empfangselektrode 4 aus den Kabelseelen dreier als Hochtemperatur-Koaxialleiter ausgebildeten Leitern 17. Wie man in Fig. 2 erkennt, sind die Hochtemperatur-Koaxialleiter neben den von der Abschirmung befreiten Abschnitten 18 mit ihren Ummantelungen an eine Metallfolie 19 durch Schweißpunkte 20 befestigt. Die Metallfolie 19 hat beispielsweise eine Größe von 20 x 30 mm und eine Stärke von 0,3 mm. Im Randbereich der Metallfolie 19 vorgesehene Langlöcher 21 dienen zur Befestigung des so aufgebauten Verformungssensors auf der Prüflingsoberfläche.

Wie man in Fig. 2 weiterhin erkennt, ist der Abstand zwischen der Empfangselektrode 4 und der Elektrode 2 kleiner als der Abstand zwischen der Empfangselektrode 4 und der Elektrode 3. Schweißpunkte 22 verbinden die Ummantelungen der der Elektrode 2 und der Empfangselektrode 4 zugeordneten Hochtemperatur-Koaxialleiter.

Eine Abschirmhaube 23 überdeckt die von der Abschirmung befreiten Abschnitte 18 der Hochtemperatur-Koaxialleiter, um Störeinflüsse von außen abzusichern und um auf diese Weise zu erreichen, daß der von der Empfangselektrode 4 erfaßte Meßstrom ausschließlich von einer Veränderung der Geometrie des Verformungssensors abhängt. Die Abschirmhaube 23 ist nur entlang einer Berandung mit der Metallfolie 19 fest verbunden, um die Biegsamkeit der Metallfolie 19 nicht zu behindern.

Wie man in Fig. 2 weiter erkennt, ist den Hochtemperatur-Koaxialleitern noch eine Kabelhalterung 24 zugeordnet. Die Länge der Hochtemperatur-Koaxialleiter zu dem Eingang des als Schmalbandverstärker ausgebildeten Meßverstärkers 10 bzw. zu den Ausgängen der Ansteuerverstärker 5, 6 ist unkritisch, weshalb der oben beschriebene Verformungssensor zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere im Hochtemperaturbereich, hat.

Der in Fig. 3 dargestellte Verformungssensor 31 zur Erfassung der Verformung an einer Prüflingsoberfläche 30 verfügt ebenfalls über eine bewegliche Metallfolie 32 mit Löchern 33 zur Befestigung des Verformungssensors 31 am Prüfling, falls keine Klebung, Lösung oder

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erfassen der Biegung, der Dehnung und/oder der Torsion eines Prüflings mit einem Verformungssensor, der mindestens einen an eine Wechselspannungsquelle anschließbaren Leiter als Sendelektrode und mindestens einen an den Eingang eines Meßverstärkers anschließbaren Leiter als Empfangselektrode aufweist, wobei die Leiter voneinander isoliert sind und der Meßverstärker zur Bestimmung der Änderung der gegenseitigen Lage von Sendelektrode und Empfangselektrode aufgrund der Phasenlage der Signale ausgelegt ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Verformungssensor (1; 31; 51; 71; 91) zwei mit gegenphasigen Wechselspannungen beaufschlagte Elektroden (2, 3; 34, 40; 60; 82-85; 97, 98) als Sendelektroden aufweist und daß die Elektroden mit unterschiedlichen Bereichen der Prüflingsoberfläche (30) fest verbunden sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verformungssensor eine mit der Prüflingsoberfläche (30) zu verbindende biegsame Metallfolie (19) aufweist, auf deren gegenüberliegenden oberen Seite in unterschiedlichen Abständen voneinander isoliert drei Leitungen (17) als Elektroden (2, 3, 4) befestigt sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die drei Leitungen (17) durch von der Abschirmung befreite Abschnitte (18) von Koaxialkabeln gebildet sind, die mit ihren den befreiten Abschnitten benachbarten Abschnitten mit der Metallfolie (19) verschweißt sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Metallfolie (19) eine einseitig befestigte Abschirmhaube (23) angeordnet ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verformungssensor (31) eine mit der Prüflingsoberfläche (30) zu verbindende Metallfolie (32) aufweist, auf deren gegenüberliegenden Oberseite im Abstand voneinander die Elektrode (34) isoliert ist und das Sockelteil (36) eines bis über die Elektrode (34) hinausragenden Konsolenteils (37) befestigt sind, auf dessen zur Metallfolie (32) weisenden Seite die Elektrode (40) und eine Empfangselektrode (41) isoliert aufgebracht sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verformungssensor (51) ein mit der als Sendelektrode angeschalteten elektrisch leitenden Prüflingsoberfläche (30) zu befestigendes Sockelteil (56) aufweist, an dem ein herausragendes Konsolenteil (57) befestigt ist, auf dessen zur Prüflingsoberfläche weisenden Seite die Elektrode (60) und eine Empfangselektrode (61) isoliert aufgebracht sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (34, 40; 60) und Empfangselektroden (41; 61) streifenförmig ausgebildet und quer zur Belastung und Verformung der Prüflingsoberfläche (30) ausgerichtet sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verformungssensor (71) zwei im Abstand voneinander auf der Prüflingsoberfläche zu befestigende Gehäuseteile (72, 73) aufweist, die an ihren aufeinander zuweisenden Stirnflächen im vertikalen Abstand voneinander isoliert jeweils ei-

ne obere Elektrode (82, 84) und eine untere Elektrode (83, 85) aufweisen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die oberen bzw. unteren Elektroden (82-85) in den beiden Gehäuseteilen (72, 73) jeweils mit streifenförmigen Flächen aufeinander zuweisen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Gehäuseteile (72, 73) aus Metallkörpern bestehen, in die die Elektroden (82-85) in Isolierkörpern (80, 81) eingebettet sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verformungssensor (91) eine Grundplatte (94) mit einem vertikalen Vorsprung (96), auf dem im Abstand voneinander zwei Elektroden (97, 98) befestigt sind, sowie ein einseitig befestigtes zur Prüflingsoberfläche hin offenes U-förmiges abgeschirmtes Gehäuseteil (92) aufweist, das auf seiner isolierten Innenseite U-förmig mit der Empfangselektrode (103) belegt ist, und daß der vertikale Vorsprung (96) von der Prüflingsseite her in das U-förmige Gehäuseteil (92) hineinragt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (97, 98) quer zum U-förmigen Querschnitt des U-förmigen Gehäuseteils (92) streifenförmig auf gegenüberliegenden Seiten des Vorsprungs (96) ausgebildet sind.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erfassen der Biegung, der Dehnung und/oder der Torsion eines Prüflings mit einem Verformungssensor, der mindestens einen an eine Wechselspannungsquelle anschließbaren Leiter als Sendelektrode und mindestens einen an den Eingang eines Meßverstärkers anschließbaren Leiter als Empfangselektrode aufweist, wobei die Leiter voneinander isoliert sind und der Meßverstärker zur Bestimmung der Änderung der gegenseitigen Lage von Sendelektrode und Empfangselektrode aufgrund der Phasenlage der Signale ausgelegt ist.

Eine derartige Vorrichtung ist aus der DE-OS 32 32 770 bekannt und dient zur Messung des Durchhangs eines Leiters in einem Vulkanisierrohr, wobei eine an eine Wechselspannungsquelle angeschlossene Erregerspule vorgesehen ist, die einen Stromfluß im Leiter erzeugt. Zwei Magnetfeldmeßfühler, die im radialen Abstand zum Leiter angeordnet sind, sind mit einer Vergleichsvorrichtung verbunden, durch die ein dem Durchhang des Leiters entsprechendes Lagesignal erzeugt wird. Die beiden Magnetmeßfühler sind als Spulen ausgebildet, weshalb es erforderlich ist, die an die Wechselspannungsquelle angeschlossene Erregerspule vorzugsweise in einem Abstand von mehr als 1,5 m vorzusehen, um eine direkte Einkopplung der Erregerspule in die Empfangsspulen zu vermeiden.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei der auch bei kompaktem Aufbau eine störende direkte Einkopplung vermieden ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Verformungssensor zwei mit gegenphasigen Wechselspannungen beaufschlagte Elektroden als Sendelektroden aufweist und daß die Elektroden mit unterschiedlichen Bereichen der Prüflingsoberfläche fest verbunden sind.

Die mit den gegenphasigen Wechselspannungen be-

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.